

科學圖書大庫

眼 鏡 光 學

譯者 楊建人

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

# 眼鏡光學

譯者 楊建人

徐氏基金會出版

# 譯者序

眼鏡光學 ( The Principles of Ophthalmic Lenses ) 爲英國倫敦大學實用光學系教授 M. Jalie 原著。內容包括眼鏡的理論及實用兩方面。不但可作大學教本，而且可供一般眼鏡從業人員之自修及參考之用。是一本價值甚高的專門論著。特將其譯成中文，以饗國內讀者。譯者對光學雖略窺門徑，究非專業人員，對於這方面所知不全。翻譯恐難達到理想境界。如有不當之處，尚希海內外學者先進不吝指正爲幸。

楊建人 謹識

民國六十六年於台北

## 再版序

有人說：一本書出版的時候，才是真正需要寫書的時候。因為總是等到出版以後，才發現許多小的錯誤，以及一些該修正的地方。我很感謝驗光師學會（The Association of Dispensing Opticians）給我這個機會來將初版更正並擴充之，各章所附習題是新增加的。

再版時，承 M. G. Aird（驗光師學會秘書）協助校對以及其他方面，特此致謝。

M. Jalie

倫敦 1972

## 初版序

本書之寫作希望能幫助填補眼鏡文獻中關於眼鏡理論研究之需要。雖然主要對象為眼鏡光學的學生，但本書仍具有高度實用性，可供眼鏡從業人員自修及參考。

毫無疑問，眼鏡光學之有今日的成就，應歸功於 H. H. Emsley 及 W. Swaine 所著“眼鏡鏡片”(Ophthalmic Lenses)一書。作者寫作本書時，亦多參考該一著作。

書中若干章節曾於“光學師”(The Optician)雜誌發表。關於特種鏡片之資料則多來自於製造廠商及技術資料，本人於此特致謝忱。

本人至感幸運，於教授光學課程中，曾得到多位同仁之協助。他們都在理論及實用光學上卓有成就。我特別感謝實用光學系系主任 L. Wray 先生對此書之協助，同時感謝 A. G. Bennett 給我的鼓勵。而 M. G. Aird 先生乃是實際助我出版本書者，出力尤多。最後我還要感謝一起和我研討許多有關問題的許多學生們。

M. Jalie

倫敦 1967

## 推 薦

專門研究眼鏡的教科書很少。對於執業光學師而言，此類書籍實最爲重要。研究光學的學生尤須知道，眼鏡片之結構、設計、應用，及發展，更須知道鏡片應如何計算其鏡度及性能。

本學會很高興有機會出版M. Jalie 教授有關此方面的這本著作。

本書不但爲研究光學者的須閱讀，也可供我光學及眼鏡從業人員之參考。

R. W. Butler

英國驗光師學會 1967 年會長

## 再版推薦

世界各國光學教授學生，以及執業驗光師之迫切需要，促成 Jalie 教授這本著作之再版發行。本會負責再版工作，深感愉快。再版後在內容方面不但更爲完整，而且更爲合乎時宜。

本學會深信此書再版能對未來的光學師有更多貢獻。

R. A. Crosbie

英國驗光師學會 1972 年會長

# 目 錄

## 譯者序

## 再版序

## 初版序

## 第一章 緒 論

- 1 概 述..... 1
- 2 符號規則..... 3

## 第二章 球面透鏡

- 3 鏡度之測量..... 5
- 4 透鏡之視覺像移..... 6
- 5 球面透鏡之中和..... 7
- 6 透鏡面鏡度及形式..... 8
- 7 磨片工具..... 14
- 8 球面透鏡之識別與標記... 16

## 第三章 柱面及球柱面透鏡

- 9 概 述..... 20
- 10 柱面透鏡..... 20
- 11 旋轉試驗..... 22
- 12 正交柱面之性質..... 23
- 13 球柱面透鏡..... 25
- 14 球柱面透鏡之形式變換... 26

- 15 球柱面透鏡之標記及識別 27

## 第四章 環曲面透鏡

- 16 概 述..... 32
- 17 環曲面..... 33
- 18 環曲面透鏡..... 34
- 19 環曲面透鏡之片形轉變... 35
- 20 環曲面透鏡之識別..... 39

## 第五章 散光透鏡之軸方向

- 21 標準標示法..... 44
- 22 舊的軸標示法..... 45
- 23 處方寫法..... 46
- 24 眼鏡片之標劃..... 47

## 第六章 曲率、透鏡厚度及鏡度儀

- 25 曲 率..... 50
- 26 透鏡之厚度..... 51
- 27 弧矢公式..... 51
- 28 非圓形球面透鏡之厚度... 54
- 29 球柱面及環曲面透鏡之厚  
度..... 54
- 30 柱面透鏡沿斜向之厚度... 55
- 31 弧矢之概略公式..... 56
- 32 眼鏡片之最小厚度..... 61
- 33 透鏡厚度之三角解法..... 62

34 鏡片厚度卡鉗	63	62 透鏡上任一點之稜鏡效果 (圖解法)	98
35 球面儀	63	63 稜鏡效果之分析	106
<b>第七章 眼用稜鏡</b>		64 差異稜鏡效果	109
36 概 述	68	<b>第九章 鏡片之大小、形狀、 框架及視場</b>	
37 稜鏡的效用	69	65 鏡片之大小	114
38 稜鏡度之單位	69	66 鏡片之形狀	115
39 稜鏡單位之相互關係	71	67 形狀之切割因素	116
40 正切刻度尺	72	68 鏡片裝架	117
41 Orthops 刻度尺	73	69 眼鏡片之視場	118
42 稜鏡之厚度差	74	<b>第十章 介質、透鏡加工、品 質及檢驗</b>	
43 稜鏡之中和	75	70 天然介質	123
44 底頂線標記法	76	71 玻 璃	123
45 稜鏡度平均分配於兩眼	77	72 玻璃之製造	124
46 稜鏡效果之合成與分解	78	73 透鏡面之研磨	126
47 在斜向度之稜鏡	82	74 玻璃膠	130
48 旋轉稜鏡	83	75 塑 膠	131
49 近光稜鏡之有效鏡度	84	76 鏡片之品質	132
50 大頂角稜鏡	85	77 鏡片之檢驗	136
<b>第八章 移心之稜鏡效果</b>		<b>第十一章 深度縮徑鏡片及雙 心鏡片</b>	
51 概 述	89	78 深度鏡片	139
52 移心透鏡	90	79 負縮徑鏡片	141
53 移心透鏡關係式	91	80 正縮徑鏡片	147
54 球面透鏡上任一點之稜鏡 效果	92	81 雙心鏡片	150
55 球面透鏡之移心	92	<b>第十二章 雙光鏡</b>	
56 移心透鏡之標劃	93	82 概 述	155
57 特別加工之稜鏡透鏡	94		
58 平柱面透鏡之稜鏡效果	95		
59 柱面透鏡之移心	96		
60 球柱面之稜鏡效果	96		
61 球柱面透鏡之移心	97		



83	子片有關名詞	150	111	輻射光源及其對眼之效用	234
84	雙光鏡片之機械要求	158	112	眼睛輻射之防護	236
85	雙光鏡之光學要求	159	113	反射，吸收與透光	236
86	閱讀區之光心	163	114	吸收式濾光鏡片	246
87	近光區之差異稜鏡效果	165	115	塑膠吸收式濾光鏡	253
88	雙光鏡之定心公式	168	116	等色度濾光鏡	253
89	雙光鏡之進化	173	117	偏極光濾光鏡	254
90	上子片雙光鏡	174	118	感光變色濾光鏡	256
91	膠合雙光鏡	176	119	反射式濾光鏡	258
92	膠合 Kryptok 雙光鏡	179	120	抗反射膜	260
93	熔合雙光鏡	180	121	眼鏡片對機械力傷害之防護	262
94	特別熔合子片	189	122	疊合安全透鏡	263
95	整體雙光鏡	191	123	強化鏡片	263
96	顯形整體雙光鏡	195	<b>第十五章 柱面透鏡</b>		
97	稜鏡子片整體雙光鏡	200	124	散光透鏡之成像	267
98	其他整體雙光鏡	202	125	柱面	271
99	縮徑雙光鏡片	205	126	透鏡之“斜向柱面鏡度”	273
100	雙稜鏡雙光鏡	209	127	斜交柱面	280
101	雙光鏡之識別，標劃及畫線	211	<b>第十六章 頂鏡度及厚透鏡</b>		
<b>第十三章 複光鏡</b>			128	概 述	289
102	概 述	219	129	透鏡之有效鏡度	290
103	三光鏡	219	130	兩同軸薄透鏡之頂鏡度	290
104	基本三光鏡	220	131	等效鏡度	294
105	熔合三光鏡	221	132	厚透鏡	299
106	整體三光鏡	223	133	眼之折射狀況及眼鏡片，遠光（看遠）	305
107	混合型三光鏡	225	134	精確形狀（或片形）轉變	313
108	三光鏡之識別	226	<b>第十四章 有色及護目鏡</b>		
109	變光鏡	226	110	概 述	232

135	近光眼鏡	322
136	驗光箱及鏡度中和	337
137	焦距儀	342
138	透鏡之光心	344

## 第十七章 透鏡之像差

139	概 述	350
140	薄稜鏡之色散像差	351
141	消色差稜鏡	352
142	薄透鏡之軸向色散差	353
143	消色差透鏡	355
144	薄透鏡之橫向色散差	356
145	雙光鏡之橫向色散差	358
146	單色光之像差	364
147	球面像差	365
148	彗形像差	372
149	斜射像散	375
150	透鏡中心區斜入光束之 像散	386
151	視場(像面)彎曲	389
152	畸 變	392

## 第十八章 眼鏡片之設計

153	概 述	398
154	斜射像散，視場彎曲及 遠點球面	400
155	點焦鏡片(遠光球面三 階)	403
156	點焦鏡片(近光球面三 階)	404
157	Tscherning 橢圓	405
158	眼鏡片設計	406
159	球柱面及環曲面鏡片	414
160	眼鏡片之畸變	415
161	眼鏡片設計之演進概況	418

## 第十九章 其他眼鏡片

162	等像眼鏡片	423
163	無焦性等像鏡片	433
164	望遠眼鏡	435
165	眼用放大鏡	438

習題答案	448
------	-----

# 第一章 緒 論

## 1. 概 述

眼鏡的透鏡理論乃是以幾何光學之基本定律應用於眼鏡片而已。眼鏡片乃是將射入眼睛的光束，改變其聚散率之一種光學工具。透鏡 ( lens ) 一詞最初來自於拉丁文的扁豆 ( lentil seed )。所謂透鏡乃是由兩個拋光面所包圍之光學介質。兩面之中至少有一面為曲面。曲面可為球面、柱面、環曲面 ( 即彎曲之柱面 )，或非球面 ( 如橢圓面、雙曲面等 )。至於平面亦可視為半徑為無窮大之球面。眼鏡片亦可用於調節進入眼睛之光量或保護眼睛之安全。例如有色鏡片及安全眼鏡等。

所謂光學介質乃是通過光線之任何物質，大部份光學介質為等方性 ( isotropic )，即光在介質中任何方向之進行速度相同。用於製造眼鏡片之物質的有下列三類：

(1) 天然介質：石英、( 一般相信，最早之透鏡係由寶石或半寶石如翡翠、紫水晶、黃水晶、紅寶石等製成 )。

(2) 玻璃：

- (a) 硬白皇冠眼鏡玻璃；
- (b) 鋇玻璃及鋇皇冠玻璃；
- (c) 火石玻璃。

(3) 塑膠：

- (a) 自甲基丙烯酸製成之透明熱塑膠；
- (b) 丙烯乙二醇碳酸鹽 ( allyl diglycol carbonate ) 即 CR-39。

透鏡之兩個面可互傾成一角度，謂之含稜鏡透鏡。在眼鏡業中，稜鏡多用於修正眼球轉動操縱肌之缺陷。

眼鏡片置於光束路徑中，乃因透鏡折光面及其厚度而發生作用。如果平行入射光束被會聚於透鏡後一點，此透鏡謂之會聚透鏡 ( converging lens )。圖 1 所示即為一會聚透鏡將平行入射光聚焦於一點  $F'$  之情形。

## 2 眼鏡光學

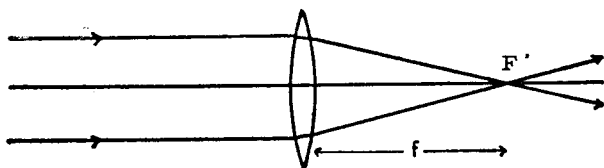


圖 1 會聚透鏡之作用。

$F'$  謂之透鏡之第二主焦點，由透鏡之背面至  $F'$  之距離謂之焦距。以  $f$  表之。圖 2 所示為透鏡面之各種不同組合，均為聚合透鏡。此等透鏡之中央部份較邊緣為厚，一般情形，會聚透鏡表示如圖 7 a。

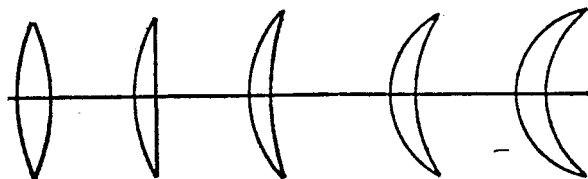


圖 2 會聚透鏡之不同剖面形式。

如果平行入射光被透鏡發散，則光線經透鏡折射後，好像係自透鏡前一點發散出來，此透鏡稱為發散 (divergent)。圖 3 所示即為發散透鏡。 $F'$  為其第二主焦點， $f$  為其焦距。圖 4 所示為不同剖面形式之發散透鏡，中央部份均比邊緣為薄。一般情形，發散透鏡表示如圖 7 b。

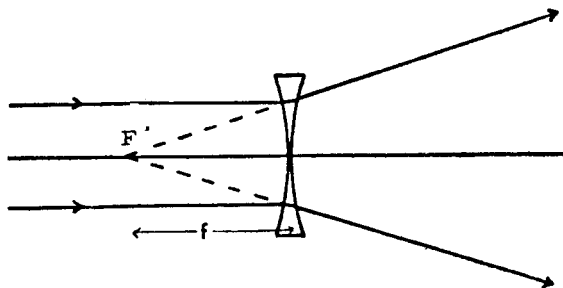


圖 3 發散透鏡之作用。

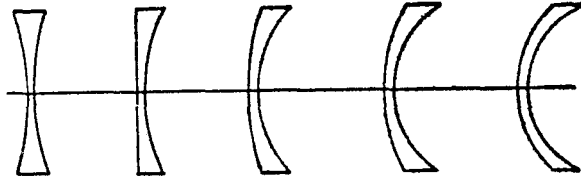


圖 4 發散透鏡之不同剖面形式。

本書所用之名詞大部份採用英國眼鏡業之標準名詞，所參考之標準 (British standards) 如下：

- BS 2724 強烈陽光防護濾光鏡。
- BS 2738 眼鏡鏡片。
- BS 3062 眼鏡片材料。
- BS 3162 視力檢查鏡片。
- BS 3199 眼鏡片之測量、方法及詞彙。
- BS 3521 眼鏡片及鏡架之名詞彙編。

## 2. 符號規則

(一)機械方面 圖5所示為以  $C_1$  及  $C_2$  為中心， $r_1$  及  $r_2$  為半徑之球面在紙平面之痕跡。兩相交球面以  $C_1$  及  $C_2$  之連線為對稱，故  $C_1$  及  $C_2$  稱為透鏡之光軸。  $A_1$  及  $A_2$  稱為透鏡之頂點 (Vertices)， $A_1$  為前頂點， $A_2$  為後頂點 (back vertex)， $A_1A_2$  之軸向厚度即為透鏡之中心厚度  $t$ 。透鏡之光心 (optical centre) 在光軸上，常在  $A_1$  及  $A_2$  之間。但有例外。通常情形

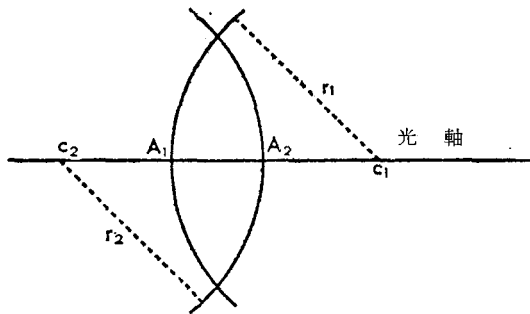


圖 5 機械符號規則。

#### 4 眼鏡光學

，透鏡甚薄，則  $A_1$  及  $A_2$  可假定與光心重合。而光心則為透鏡與光軸之交點。

(二)數學方面 本書所採用之符號係按物理學會所建議之卡迪生系統 (Cartesian system)，該會於1934年提出一篇報告“幾何光學教學法”。

所有光線均假定從左至右而行，自透鏡面向左度量之距離為負，向右度量之距離為正。自光軸向下度量者為負，向上度量為正。角度之度量則自光線轉至光軸，順時針為負，反時針為正 (圖6)。

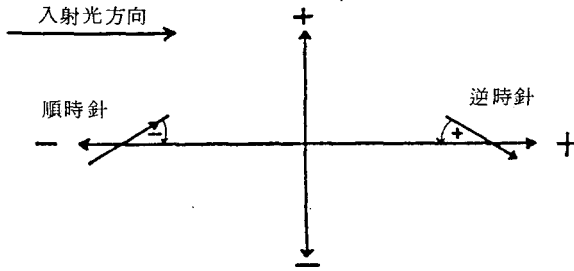


圖 6 光學符號規則。

## 第二章 球面透鏡

### 3. 鏡度之測量

(一)吋標示法 過去，透鏡之鏡度常以其焦距之吋數標示之，例如：焦距為 1 吋，謂之“一號”透鏡，焦距為 3 吋，謂之“三號”透鏡，餘類推。此種標示法有甚多缺點，各國所用之長度單位不完全相同，而且兩三片透鏡結合一起時，其總焦距並非各焦距之和。

(二)“度”數表示法 現代眼鏡片鏡度之標示單位為鏡度 (dioptré)，係由 Strasbourg 的一位眼科醫生 F. Monoyer 於 1872 年所提倡，以焦距之公尺之倒數表之。焦距為一公尺 (meter) 或 100 公分 (cm)，為一鏡度，焦距為半公尺或 50 公分，則為 2 鏡度。

— 如果以  $F$  表示透鏡之鏡度， $f$  表示焦距，則

$$F_D = \frac{1}{f(\text{公尺})} = \frac{100}{f(\text{公分})} = \frac{1000}{f(\text{公厘})}$$

如果為聚合透鏡 (圖 2)，又稱為正透鏡，在其鏡度前附一“+”號，由於正透鏡之第二主焦點在透鏡之右邊，故其焦距為正。如果為發散透鏡 (圖 4)，又稱為負透鏡，在其鏡度前附加“-”號，由於負透鏡之第二主焦點在透鏡之左邊，其焦距為負。透鏡之曲面為球形，故稱為球面透鏡，以 DS (dioptré of spherical power) 表示。鏡度標示法通常以  $\frac{1}{4}$  DS 為級距，如  $\pm 0.25$  DS,  $\pm 0.50$  DS,  $\pm 0.75$  DS,  $\pm 1.00$  DS 等，通常均寫至兩位小數。透鏡之鏡度為零，以 0.00 DS 或以數學符號  $\infty$  表示，稱為無焦透鏡，或平面透鏡 (plano lens)。

有時候，鏡度標示以  $\frac{1}{8}$  DS 為級距，仍採用兩位小數。將  $\frac{1}{8}$  DS 變為小數時其第三位小數之“5”予以捨棄，而寫為 0.12 DS，但是在計算 0.12 與 0.12 相加時，此捨棄之“5”仍應計算在內即  $0.12 + 0.12 = 0.25$ 。  
 $\frac{1}{8}$  DS 系統如下：

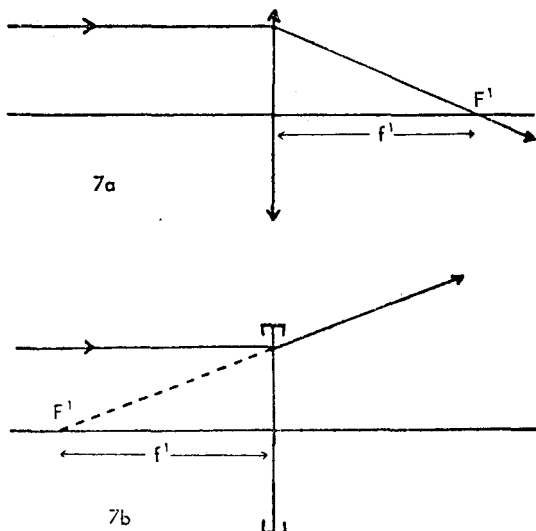


圖 7 焦距。

$\pm 0.12$ DS	$\pm 0.62$ DS
$\pm 0.25$ DS	$\pm 0.75$ DS
$\pm 0.37$ DS	$\pm 0.87$ DS
$\pm 0.50$ DS	$\pm 1.00$ DS

#### 4. 透鏡之視覺像移

將  $+2.00$  DS 透鏡置於眼前約 6 吋，通過此透鏡觀看遠處之一水平線。當透鏡往下移時，所見之水平線將往上移。若改用  $+4.00$  DS 透鏡，此一現象更為顯著，此種視覺像移謂之反向像移，任何正透鏡都有此現象。不過透鏡與眼之距離至少應小於透鏡之焦距，（如果透鏡之第二主焦點在透鏡與眼之間，則將見到一縮小之倒像）。

通過（ $-2.00$  DS）透鏡看一水平線，則當透鏡緩慢下移時，所見之水平線亦往下移，謂之順向像移，為所有負透鏡共有之現象。

若目標改為“十”字線，則看起來更明顯，如圖 8 所示。圖 8a 為正透鏡向左下方移動所見之像移，同時由線條之變粗可見正透鏡有放大作用。圖 8b 所示為當負透鏡向左下方移動時所見“十”字線之像移，同時由線條之



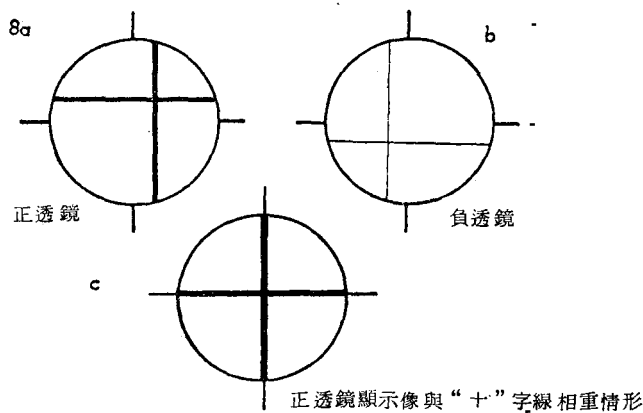


圖 8 透鏡之視覺像移。

變細可見負透鏡有縮小作用。

當“十”字線相重如 8c 所示，透鏡之光心必在“十”字線中點與眼之連線上，凡通過光心之光線不被偏向。在實用上，將鏡片裝置於鏡框而給人配帶時，此光心必需在瞳孔之正前方。欲確定光心之位置，可按前述方法求之。此一工作步驟稱為定心（centring the lens）。另外一個方法，可由透鏡之前後兩個面對置於透鏡正上方燈光所作之反射確定之，當兩個反射像重疊時，即為光心之所在。此法不如前述十字線方法準確。

## 5. 球面透鏡之中和

如果將 +3.00 DS 及 +2.00 DS 透鏡接疊，其總鏡度為 +5.00 DS，組合之焦距為 1/5 公尺（meter）或 20 公分（cm）。

如果將 -1.50 DS 及 -2.50 DS 透鏡接疊，其總鏡度將為 -4.00 DS（焦距為 -1/4 公尺或 -25 公分）。

同樣，將 +6.00 DS 透鏡與 -4.00 DS 透鏡接疊，其總鏡度將為 +2.00 DS。各透鏡之組合所產生之效果與單片透鏡相同。若將鏡度相等，符號相反之兩透鏡相接疊（如 +3.00 DS 與 -3.00 DS），其組合鏡度為零。故在前節之“十”字線檢驗中，將不產生視覺像移。此時之正負透鏡彼此互相中和。因此，如果我們有一片透鏡，不知其鏡度為何，而我們有一整套之球面透鏡從  $\pm 0.25$  DS 至  $\pm 20.00$  DS。我們可用中和法容易求得未知之鏡度。